

PERBANDINGAN PENGUKURAN KONSENTRASI PARTIKULAT DI UDARA AMBIEN MENGGUNAKAN ALAT *HIGH VOLUME AIR SAMPLER* DAN *GENT STACKED FILTER UNIT SAMPLER*

MEASUREMENT COMPARISON OF PARTICULATE CONCENTRATION IN AMBIEN AIR USING HVAS AND GENT STACKED FILTER UNIT SAMPLER

Rita Mukhtar¹⁾, Isa Ansyori¹⁾, Esrom Hamonangan¹⁾, Muhayaton Santoso²⁾, Diah Dwiana Lestiani²⁾

(Diterima tanggal 12-10-2014; Disetujui tanggal 09-12-2014)

ABSTRAK

Pengambilan contoh uji partikulat di udara ambien dapat dilakukan dengan menggunakan peralatan yang berbeda yaitu *High Volume Air Sampler (HVAS)* dan *Gent Stacked Filter Unit Sampler*. Untuk mengetahui hasil dari kedua metode sampling tersebut, Pusarpedal melakukan pengambilan contoh uji menggunakan kedua alat tersebut dan mengukur parameter logam berat timbal (Pb) sesuai yang tercantum di dalam Lampiran Peraturan Pemerintah No. 41 Tahun 1999 tentang Pengendalian Pencemaran Udara. Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan rasio atau perbandingan konsentrasi Pb yang didapat dari alat *HVAS* dan *Gent stacked filter unit sampler*. Contoh uji *Total Suspended Particulate (TSP)* yang didapat dari alat *HVAS* merupakan partikel yang berada pada ukuran 0-100 μm , dan analisis kandungan logam timbal (Pb) dalam sampel ini dilakukan menggunakan *Atomic Absorption Spectrometry (AAS)*. Sedangkan pada alat *Gent Stacked Filter Unit Sampler* ukuran partikel yang diperoleh adalah dua jenis partikel yang berukuran 0-2,5 μm atau $\text{PM}_{2,5}$ dan ukuran partikel 2,5-10 μm atau $\text{PM}_{2,5-10}$. Analisis Pb pada sampel ini dilakukan menggunakan *Particle Induced X-ray Emission (PIXE)*. Hasil pengukuran yang dilakukan pada rentang waktu 25 Agustus sampai 25 September 2008 menunjukkan konsentrasi Pb pada $\text{PM}_{2,5-10}$ memiliki korelasi yang cukup kuat atau mempunyai pola kecenderungan yang sama terhadap konsentrasi Pb di TSP dengan nilai R^2 sekitar 0,7.

Kata Kunci: logam berat timbal (Pb), *Gent Staked Filter Unit sampler*, *High Volume Air sampler (HVAS)*, TSP, $\text{PM}_{2,5}$, $\text{PM}_{2,5-10}$

ABSTRACT

Particulate matters from ambient air samples have been collected using two techniques with different equipment: High Volume Air Sampler (volume air samplers) and Gent Stacked Filter Unit Sampler at the similar location and period. As a comparison from both sampling techniques, heavy metal concentration, Lead (Pb) has been compared in accordance with the parameters of heavy metals in the appendix to Government Regulation No. 41 of 1999 on Air Pollution Control. Total Suspended Particulate (TSP) which collected using a high volume air sampler were particulates with diameter size 0-100 μm , and the lead (Pb) concentration in these samples was analyzed using Atomic Absorption Spectrometry (AAS). Gent Stacked Filter Unit Sampler collected two size fractions of particulates with diameter size 0-2,5 μm or $\text{PM}_{2,5}$ and particle size 2,5-10 μm or $\text{PM}_{2,5-10}$, the lead concentration in these samples were analyzed using Particles Induced X ray Emission (PIXE). The objective of the study is to obtain the ratio of the results from the measurement using the High Volume Air Samplers and Gent stacked filter units sampler. The results of the measurement during 25th August to 25th September 2008 showed a strong correlation between concentration of Pb in $\text{PM}_{2,5-10}$ compare to Pb in TSP have with R^2 values of about 0.7. Hopefully, this data can be used as a reference by other laboratories.

Keywords: heavy metals lead (Pb), *Gent Staked Filter Unit sampler*, *High Volume Air sampler (HVAS)*, TSP, $\text{PM}_{2,5}$, $\text{PM}_{2,5-10}$

¹ PUSARPEDAL – Kementerian Lingkungan Hidup Gd. 210 Kawasan Puspiptek Serpong Tangerang Selatan-Banten 15310, ritaiim@yahoo.com

² PSTNT – Pusat Sain Teknologi Nuklir dan Terapan - BATAN Badan Tenaga Nuklir Nasional

PENDAHULUAN

Pencemaran udara merupakan salah satu penyebab menurunnya kualitas lingkungan dan akan mengakibatkan gangguan kesehatan pada manusia, sedangkan data kualitas udara ambien sangat minim ditemukan. Untuk mengetahui zat pencemar yang terkandung di udara ambien, perlu dilakukan pengambilan contoh uji. Metode dan alat pengambilan contoh uji udara ambien tergantung pada parameter yang akan diuji. Pada lampiran Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No. 41 tahun 1999 tentang Pengendalian Pencemaran Udara terdapat beberapa parameter baku mutu udara ambien diantaranya adalah debu atau *Total Suspended Particulate* (TSP), *Particulate matter* $PM_{2.5}$ dan PM_{10} , serta parameter logam berat timah hitam atau timbal (Pb). Peralatan yang digunakan untuk mengambil contoh uji partikel di udara ambien yang tercantum di dalam PP tersebut adalah *High Volume Air Sampler* (HVAS) dengan metode analisis untuk penentuan partikel adalah gravimetri dan untuk logam Pb menggunakan *Atomic Absorption Spectrometry* (AAS) [1].

Sejalan dengan perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi, Pusat Sain dan Teknologi Terapan (PSTNT)-Badan Tenaga Atom Nasional (Batan) memanfaatkan tenaga nuklir dalam analisis contoh uji lingkungan, khususnya udara ambien. Alat yang digunakan untuk mengambil contoh uji udara ambien adalah *Gent stacked filter unit sampler*, dan analisis menggunakan Teknik Analisis Nuklir (TAN) dalam hal ini menggunakan alat uji *Particle Induced E-Ray Emission* (PIXE); dimana TAN memiliki beberapa keunggulan dibandingkan cara konvensional diantaranya: TAN dapat langsung menganalisis banyak

unsur (*multielement*), tanpa ada perlakuan (*non destruktif*), *selective*, *sensitive*, bobot contoh uji kecil serta waktu analisisnya cepat [2].

Penelitian ini bertujuan untuk melihat rasio atau perbandingan hasil yang didapat dari HVAS dan *Gent stacked filter unit sampler*, sehingga dapat dijadikan sebagai referensi kepada laboratorium yang melakukan pengambilan contoh uji udara ambien.

METODOLOGI

Pengambilan contoh uji udara ambien menggunakan alat HVAS dan *Gent stacked filter unit sampler* dilakukan 5 (lima) kali dalam seminggu secara bersamaan pada rentang waktu 25 Agustus sampai 25 September 2008. Lokasi pengambilan contoh uji terdiri dari 4 (empat) lokasi yaitu Perumahan Komplek Batan Indah Serpong, Komplek BSD sektor VIII, sekolahan SDN Setu Muncul Serpong, dan di kantor Pusarpedal-Kementerian Lingkungan Hidup Kawasan Puspipstek Serpong. Pengambilan contoh uji dilakukan pada beberapa variasi waktu untuk masing-masing lokasi.

Parameter yang diuji meliputi kandungan partikel dalam TSP, $PM_{2.5}$, $PM_{2.5-10}$, PM_{10} , serta logam berat timbal (Pb) yang terkandung didalamnya. Alat HVAS digunakan untuk sampling partikulat berupa *Total Suspended Particulate* (TSP) dengan ukuran dibawah 100 μm sedangkan *Gent sampler* digunakan untuk sampling partikel dengan ukuran di bawah 10 μm (PM_{10}) dan di bawah 2,5 μm ($PM_{2.5}$). Hasil sampling dari kedua alat tersebut dianalisa gravimetri untuk mengetahui

konsentrasi masing-masing parameter TSP, PM₁₀, PM_{2.5}. Analisa lebih lanjut terhadap kandungan logam Pb juga dilakukan untuk masing-masing parameter tersebut dengan menggunakan metode *Particle Induced X-ray Emission (PIXE)* di *GNS Science, National Isotop Centre, New Zealand*. PIXE merupakan teknik analisis yang sangat selektif dengan kepekaan tinggi, simultan dan memiliki batas deteksi mencapai orde submikrogram bahkan nanogram dan hanya memerlukan sampel dalam jumlah kecil. Bila dibandingkan dengan teknik analisis konvensional yang membutuhkan massa yang cukup banyak, perlu preparasi, tidak multielemen, ada interferensi matriks, serta bobot contoh uji yang besar, maka analisis menggunakan teknik nuklir menjadi alternatif baru di bidang analisis parameter udara. Di Amerika Utara hampir 90% sampel filter dari partikulat di udara diukur menggunakan teknik nuklir. Bahkan Australia dalam 4 tahun terakhir telah menganalisis lebih dari 9000 buah sampel filter menggunakan teknik nuklir, khususnya PIXE. Adapun studi ini hanya mengukur kandungan logam Pb saja.

Teknik Pengambilan Contoh Uji Menggunakan Alat HVAS

Teknik pengambilan contoh uji mengacu kepada SNI 19-7119.3-2005 tentang cara uji partikel tersuspensi total menggunakan peralatan HVAS dengan metoda gravimetri. Filter yang digunakan adalah *Whatman Glass Microfibre Filters* dengan ukuran 20.3 x 25.4 cm (8 x 10 in) EPM 2000.

Prinsip kerja alat HVAS yaitu udara dihisap melalui filter di dalam *shelter* menggunakan pompa vakum dengan laju alir tinggi sehingga

partikel terkumpul di permukaan filter. Jumlah partikel yang terakumulasi dalam filter selama periode waktu tertentu dianalisa secara gravimetri. Laju alir dipantau saat periode pengujian 1200 L/min, selama 24 jam [3].

Penimbangan dilakukan pada ruangan dengan suhu 15 - 27 °C, dengan kelembaban relatif antara 0 - 50%. Konsentrasi partikel tersuspensi total dalam contoh uji dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$C = \frac{(W_2 - W_1) \times 10^6}{V} \quad (1)$$

dengan pengertian:

C	adalah konsentrasi massa partikel tersuspensi (µg/Nm ³)
W ₁	adalah berat filter awal (g)
W ₂	adalah berat filter akhir (g)
V	adalah volum contoh uji udara (m ³)
10 ⁶	adalah konversi g ke µg

Hasilnya ditampilkan dalam bentuk satuan massa partikulat yang terkumpul per satuan volum contoh uji udara yang diambil sebagai µg/m³ [3]. Penentuan logam berat menggunakan *Atomic Absorbtion Spectrofotometry (AAS)*[4].

Teknik Pengambilan Contoh Uji menggunakan Alat Gent Staked Filter Unit Sampler

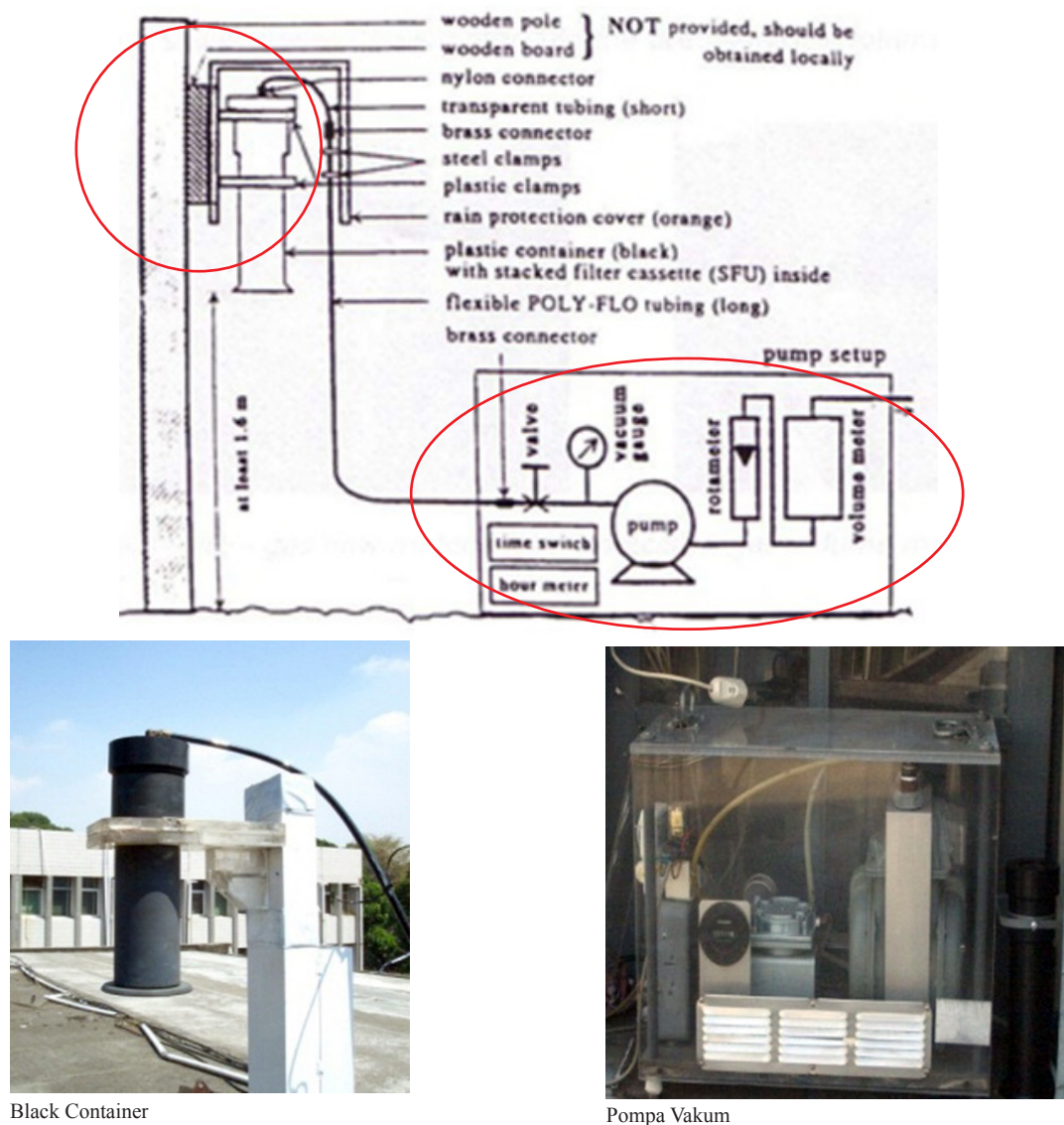
Teknik pengambilan sampel partikulat udara mengacu pada *Sampling and Analytical Methodologies for Instrumental Nuetron Activation Analysis of Airborne Particulate Matter, Training Course Series No.4, International Atomic Energy Agency, Vienna (1992)* serta *Operating Manual for Gent Sampler (RAS/7/013), International Atomic Energy Agency (2004)* [2]. Filter yang digunakan adalah filter jenis *Nuclepore polikarbonat* dengan diameter 47 mm filter

tersebut terdiri dari dua jenis yaitu ukuran pori $0.4\mu\text{m}$ yang digunakan untuk penentuan partikel kecil dari $2.5\mu\text{m}$ ($\text{PM}_{2.5}$), dan filter berukuran pori $8\mu\text{m}$ yang digunakan untuk penentuan partikel ukuran $2.5\text{--}10\mu\text{m}$. PM_{10} adalah partikulat udara yang berukuran lebih kecil dari $10\mu\text{m}$ yang dapat diperoleh dari penjumlahan $\text{PM}_{2.5}$ dengan $\text{PM}_{2.5\text{--}10}$ [5].

Gent sampler terdiri dari sistem pompa vakum dikontrol dengan *timer*, dan *black container* (*stack filter unit*, kaset filter), selang, pompa vakum, volume meter, dan *flow meter*. Alat *Gent* direkomendasikan ditempatkan pada

ketinggian 6 – 20 meter di atas tanah. Pompa vakum yang digunakan kuat beroperasi selama 24 jam, karena pengambilan contoh uji dilakukan selama 24 jam. Laju alir udara diatur pada 18 L/menit [5].

Penimbangan filter/sampel partikulat udara menggunakan neraca mikro *Mettler Toledo* Tipe AG 245² dan tipe MX5. Sebelum dilakukan penimbangan, filter dikondisikan pada suhu ruang dengan temperatur 18-25°C dan kelembaban maksimum kurang dari 55%. Penentuan logam berat dilakukan di Laboratorium PSTNT – Batan Bandung [2].



Gambar 1. Skema Bagan Alat *Gent Sampler*

$PM_{2.5}$ dan PM_{10} diperoleh berdasarkan perhitungan dengan rumus sebagai berikut:

$$PM_{2.5} = \frac{m_1}{v_1} \left(\frac{\mu g}{m^3} \right) \quad (2)$$

$$PM_{2.5-10 \text{ (kasar)}} = \frac{m_2}{v_2} \left(\frac{\mu g}{m^3} \right) \quad (3)$$

$$PM_{10} = (PM_{2.5} + PM_{kasar}) \quad (4)$$

dengan keterangan sebagai berikut:

- m_1 = massa sampler partikulat halus pada filter halus (μg)
- v_1 = volume sampler partikulat halus pada filter halus (m^3)
- m_2 = massa sampler partikulat kasar pada filter kasar (μg)
- v_2 = volume sampler partikulat kasar pada filter kasar (m^3)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Perbandingan Konsentrasi Partikulat Di Udara Ambien Menggunakan *HVAS* Dan *Gent Stacked Filter Unit Sampler*

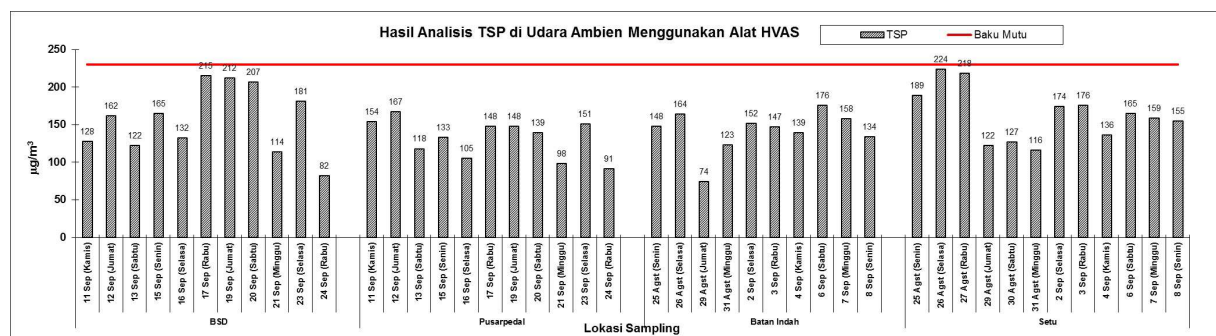
Hasil analisis TSP di semua lokasi yang dipantau pada periode pengukuran 25 Agustus sampai 25 September 2008 berada dibawah

baku mutu udara ambien menurut PP 41/1999 yaitu $230 \mu g/Nm^3$. Kisaran nilai TSP di Setu 116-224 $\mu g/Nm^3$, Batan Indah 74-176 $\mu g/Nm^3$, BSD 82-215 $\mu g/Nm^3$, dan di Pusarpedal 91-167 $\mu g/Nm^3$. Hasil Analisis TSP di Udara Ambien Menggunakan Alat *HVAS* disajikan pada Grafik 1.

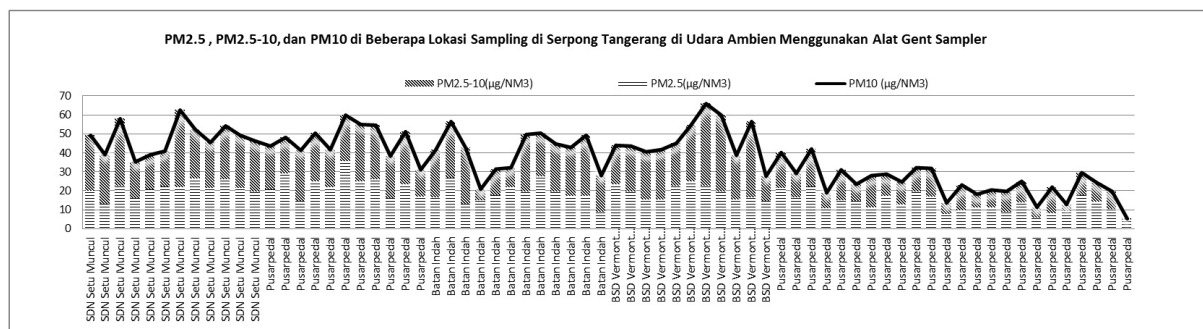
Kadar $PM_{2.5}$, $PM_{2.5-10}$, dan PM_{10} pada periode pengukuran 25 Agustus sampai 25 September 2008 di beberapa lokasi sampling di Serpong Tangerang di udara ambien menggunakan alat *Gent Sampler* disajikan pada Grafik 2, dan rerata $PM_{2.5}$ dan PM_{10} di setiap lokasi disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Nilai Rata-rata $PM_{2.5}$ dan PM_{10}

Lokasi	Nilai rerata ($\mu g/m^3$)	
	$PM_{2.5}$	PM_{10}
Setu	21.01	47.73
Pusarpedal	20.24	39.88
Batan Indah	18.47	40.93
BSD	19.16	47.18



Grafik 1. Hasil Analisis TSP di Udara Ambien Menggunakan Alat *HVAS*



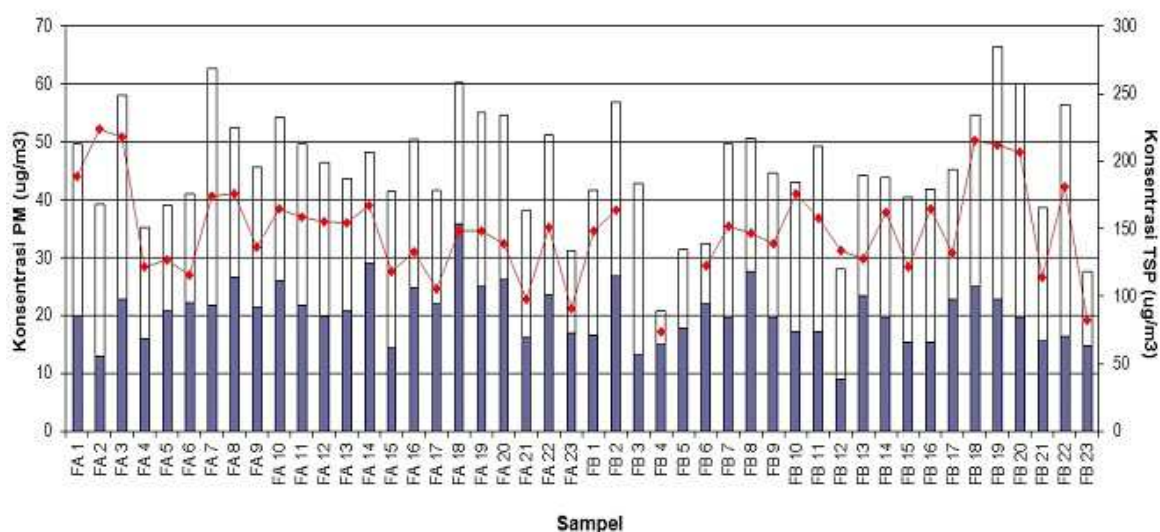
Grafik 2. Kadar $PM_{2.5}$, $PM_{2.5-10}$, dan PM_{10} Menggunakan Alat *Gent Sampler*

Jika dibandingkan hasil pengukuran TSP, $PM_{2,5}$, $PM_{2,5-10}$ menggunakan alat yang berbeda maka diperoleh kecenderungan pola yang sama antara $PM_{2,5}$, $PM_{2,5-10}$ dengan TSP, seperti yang disajikan pada Grafik 3. Grafik batang bagian bawah yang berwarna merupakan konsentrasi $PM_{2,5}$, grafik batang bagian atas yang tidak berwarna merupakan konsentrasi $PM_{2,5-10}$ dengan skala yang digunakan pada sisi kiri (skala kecil), dan puncak grafik batang merupakan konsentrasi PM_{10} untuk TSP ditunjukkan dengan grafik garis dengan penunjuk skala pada bagian kanan (skala besar).

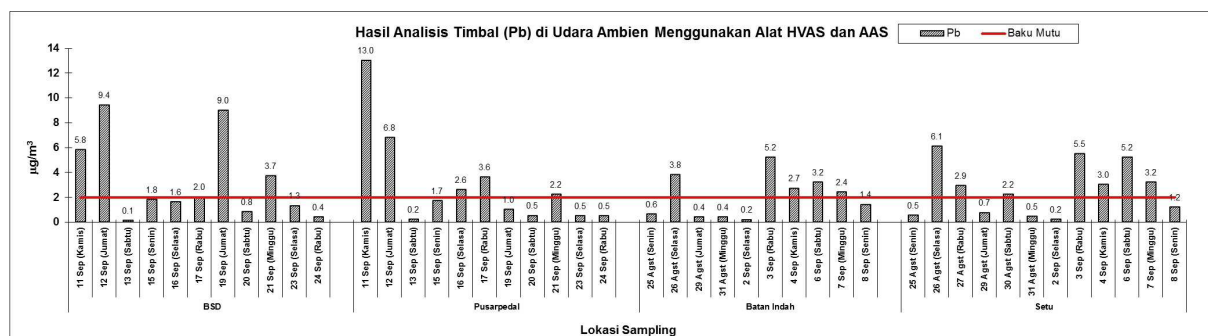
Hasil analisis Pb di beberapa lokasi telah melebihi baku mutu udara ambien menurut PP41/1999 yaitu $2\mu g/m^3$. Kisaran kadar Pb

di Setu $0.21-6.1\mu g/m^3$, Batan Indah $0.4-5.2\mu g/m^3$, BSD $0.1-9.4\mu g/m^3$, Pusarpedal $0.2-13\mu g/m^3$. Kadar timbal (Pb) di udara ambien menggunakan alat sampling *HVAS* dan analisis AAS disajikan pada Grafik 4.

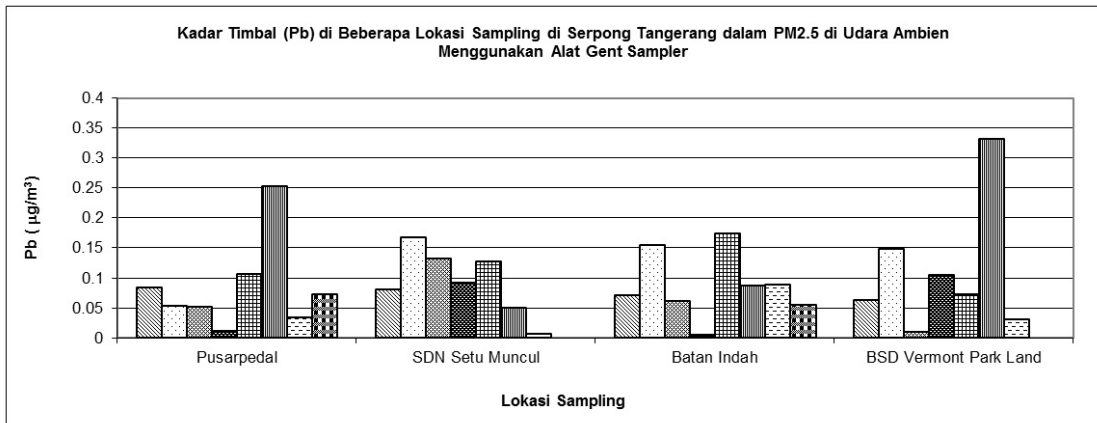
Rerata konsentrasi Pb pada $PM_{2,5}$ dan $PM_{2,5-10}$ untuk lokasi Setu, Pusarpedal, Batan Indah dan BSD disajikan pada Grafik 4 dan Grafik 5, nilai rerata Pb disajikan pada Tabel 2. Secara umum diperoleh nilai konsentrasi Pb pada $PM_{2,5-10}$ lebih besar dibandingkan dengan kadar Pb yang terdapat di $PM_{2,5}$. Berdasarkan hasil yang diperoleh tersebut, dapat dinyatakan bahwa kontribusi konsentrasi Pb terbesar berasal dari partikulat udara yang berdiameter lebih besar.



Grafik 3. Perbandingan Kadar TSP, $PM_{2,5}$, dan $PM_{2,5-10}$ di Udara Ambien

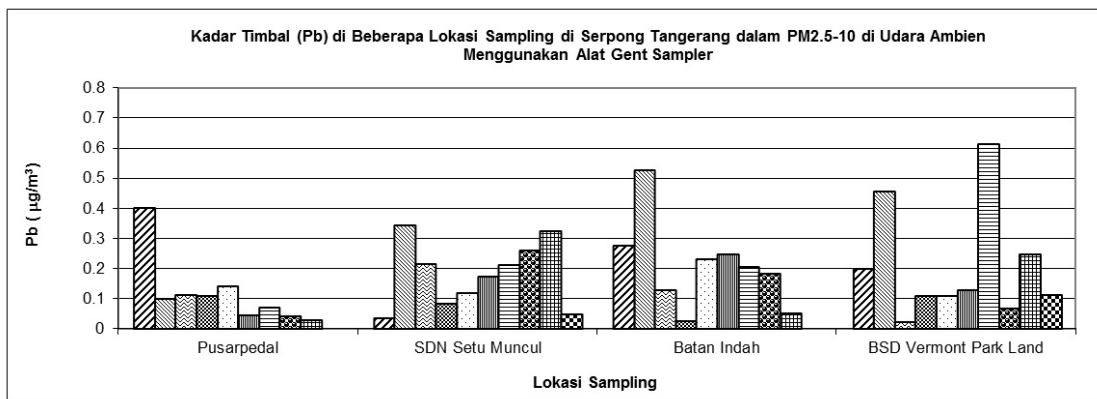


Grafik 4. Kadar Timbal (Pb) di Udara Ambien Menggunakan Alat *HVAS*



Keterangan: Perbedaan grafik batang menunjukkan perbedaan waktu sampling

Grafik 5. Kadar Timbal (Pb) di Beberapa Lokasi Sampling di Serpong Tangerang Pada PM_{2.5} di Udara Ambien Menggunakan Alat Gent Sampler



Keterangan: Perbedaan grafik batang menunjukkan perbedaan waktu sampling

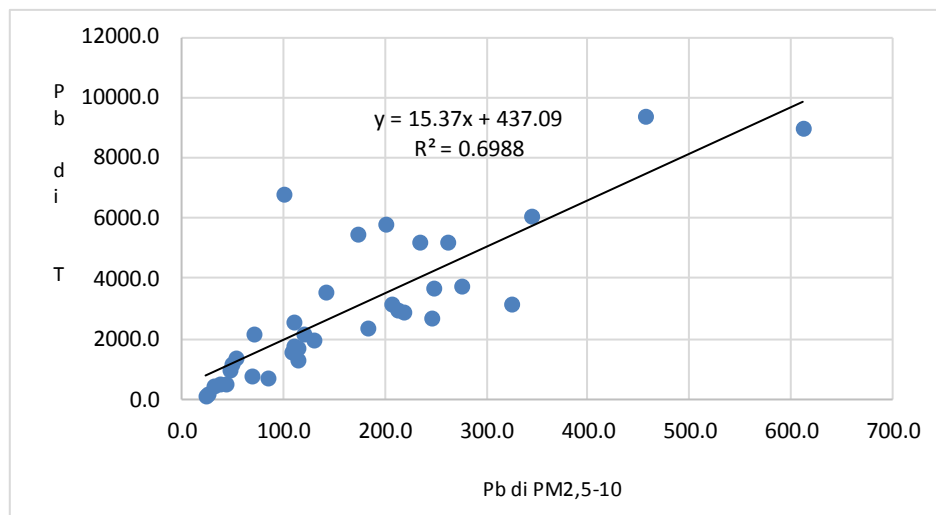
Grafik 6. Kadar Timbal (Pb) di Beberapa Lokasi Sampling di Serpong Tangerang Pada PM_{2.5-10} di Udara Ambien Menggunakan Alat *Gent Sampler*

Tabel 2. Nilai Rata-rata Timbal (Pb)

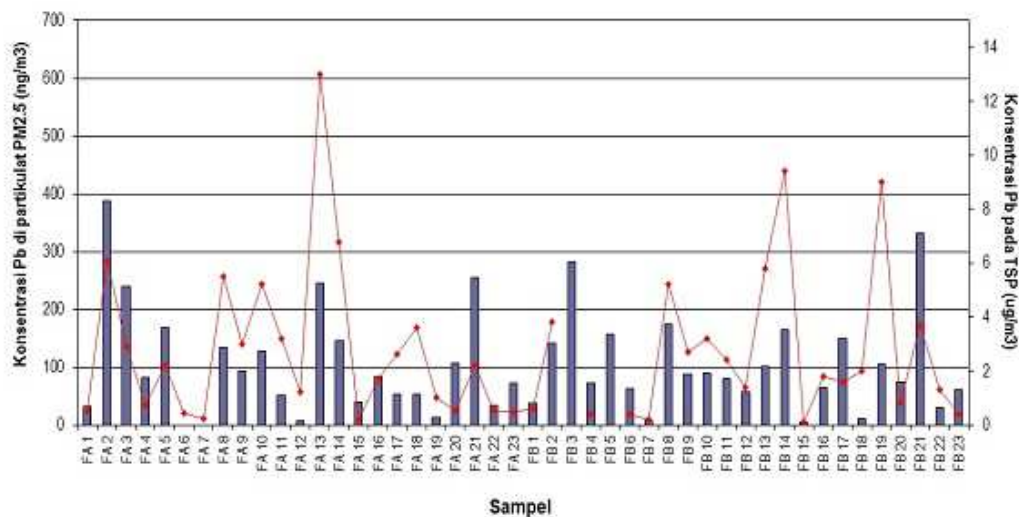
Lokasi	Nilai rerata Pb (µg/m ³)	
	PM _{2,5}	PM _{2,5-10}
Setu	0.13	0.18
Pusarpedal	0.10	0.12
Batan Indah	0.10	0.21
BSD	0.10	0.21

Korelasi antara hasil konsentrasi Pb pada TSP yang disampling menggunakan HVAS

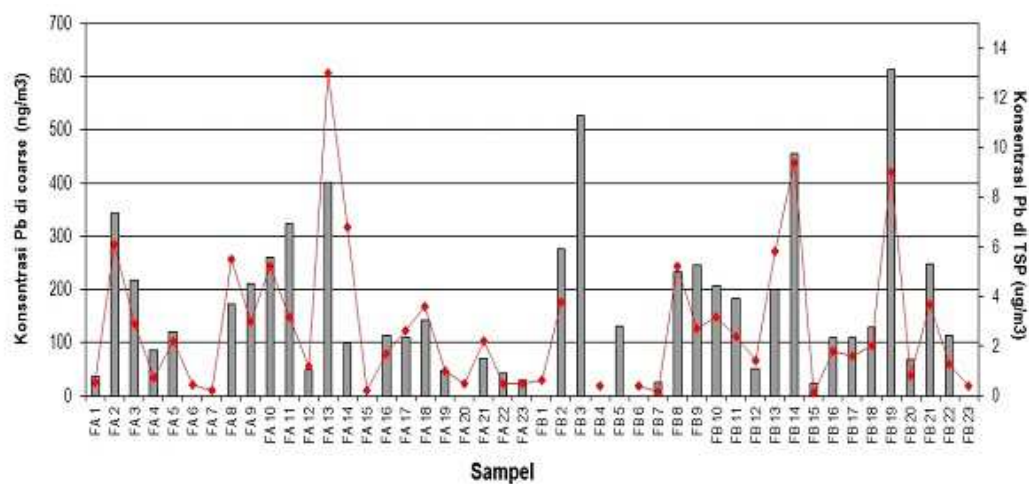
dengan Pb pada PM_{2,5-10} yang disampling menggunakan *Gent sampler* di udara ambien di empat lokasi yaitu Setu, Batan Indah, Pusarpedal dan BSD pada waktu yang bersamaan, diperoleh korelasi yang cukup baik dengan nilai korelasi R² mendekati 0,7. Adapun korelasi hasil konsentrasi Pb yang diperoleh dengan menggunakan alat HVAS (dalam TSP) dengan *Gent sampler* (PM_{2,5-10}) disajikan pada Grafik 6.



Grafik 6. Korelasi Pb di PM_{2,5}, PM_{2,5-10} dan TSP



Grafik 7. Konsentrasi Pb di PM_{2,5} dan TSP



Grafik 8. Konsentrasi Pb di PM_{2,5-10} dan TSP

SIMPULAN

Hasil pengukuran TSP, $PM_{2,5}$, $PM_{2,5-10}$ menggunakan alat yang berbeda diperoleh kecenderungan pola yang sama. Demikian juga dengan konsentrasi Pb pada $PM_{2,5-10}$ (*Gent sampler*) dan konsentrasi Pb di TSP (*HVAS*) juga mempunyai kecenderungan yang sama. Perbandingan hasil analisis yang diperoleh menunjukkan konsentrasi Pb pada $PM_{2,5-10}$ memiliki korelasi yang cukup kuat terhadap konsentrasi Pb di TSP dengan nilai R^2 sekitar 0,7. Hasil yang diperoleh ini dapat digunakan sebagai data dasar bagi laboratorium yang melakukan pengambilan contoh uji udara ambien. Selain itu, informasi konsentrasi dari salah satu fraksi bisa digunakan untuk memprediksi konsentrasi di fraksi lainnya.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penelitian ini terlaksana atas kerjasama Pusarpedal PSTNT - BATAN Bandung. Penulis juga mengucapkan terimakasih kepada seluruh personil bidang pemantauan serta Bidang Laboratorium Rujukan dan Pengujian khususnya laboratorium udara – Pusarpedal, dan kelompok Teknik Analisis Radiometri Batan yang terlibat dalam sampling dan analisis pada kajian logam berat ini, serta semua pihak yang membantu terlaksananya kegiatan ini.

DAFTAR PUSTAKA

- (1) Peraturan Pemerintah RI No. 41 Tahun 1999 tentang Pengendalian Pencemaran Udara. Kementerian Lingkungan Hidup RI. Jakarta.
- (2) Muhayatun, Achmad Hidayat, Diah. Ambien Air Concentration of $PM_{2,5}$ and PM_{10} in Bandung and Lembang in 2000-2006. Indonesian Journal of Science and Nuclear Technology 2008; X(1): 53-9
- (3) SNI 19-7119.3-2005 tentang cara uji partikel tersuspensi total menggunakan peralatan High Volume Air Sampler (HVAS) dengan metoda gravimetri.
- (4) SNI 19-7119.4-2005 tentang Cara uji kadar timbal (Pb) dengan Metoda Dekstruksi Basah menggunakan Spektrofotometer serapan atom
- (5) Sampling and Analytical Methodologies for Instrumental Neutron Activation Analysis of Airborne Particulate Matter, Training Course Series No. 4, International Atomic Energy, Vienna (1992).
- (6) Atmospheric Environment Vol. 20, No. 5, pp. 845-850, 1986, "The Use Of Br/Pb Ratios in Atmospheric Particles to Discriminate Between Vehicular and Industrial lead aerosol sources in the Vicinity of a Lead Works-II., Ellesmere port, Cheshire, W.T. Sturges and Roy M. Harrison, Department of Environmental Sciences, University of Lancaster, Lancaster LA1 4YQ, England.
- (7) Cohen, D, Gras, J, Garton, D, Firestone, T, Johnson, G, Bailey G, Ayers, G, 1997, Study of Fine Atmospheric Particles and Gases in The Jakarta Region. Final Report for Bapedal and East Java Pollution Control Implementation Project. Jakarta.